УДК 550.83.01:001+550.8.012(477)

Соціальні і методологічні чинники розвитку геофізики

© Ю.І. Дубовенко, 2013

Інститут геофізики НАН України, Київ, Україна. E-mail: nemishayeve@ukr.net

Надійшло до редакції __ жовтня 2013 р.

Представлено членом редколегії В.І. Старостенком

Стверджується, що визначальним чинником розвитку науки є соціальний, решта є його наслідки. Охарактеризовано основні виклики та потреби геофізичної науки для забезпечення її сталого розвитку. Виокремлено можливі напрямки перетворень.

There is stated that the crucial factor for the science prospect is a social one, others are the sequent. The main challenges and needs of the geophysics are described to provide its stable development. The possible trends for optional transformations are detached.

Те, чого ми хочемо, не рівнозначне тому, чого ми потребуємо. *Б. Шеффер*

Оптимізація не завжди рівнозначна мінімізації. *Геофізична інтуїція*

Вступ

На зорі XXI століття академік В.М. Страхов започаткував обговорення напрямків розвитку геофізики на теренах СНГ. Десять років тому він зазначив (Страхов, 2003), що розвиток науки (на прикладі теорії й практики потенціальних полів) гальмують стереотипи мислення, спричинені впливом головно *людського* чинника, та недофінансуванням.

Інше бачення висловили фахівці в сейсмометрії (Гольдин, 2000) та електродинаміці (Аксенов, 2005) та інші.

На нашу думку, головна причина деградації науки – *соціальний* фактор, а не людський: останній є *наслідком* пристосування до панівних соціальних умов та застарілої структури науки. Її визнаний критичний стан викликаний зміною суспільних запитів: відсутність тотального державного замовлення на екстенсивну розвідку корисних копалин призвело до кризи науки, а недофінансування – *наслідок* нових суспільних відносин.

Наступна причина регресу – патріархальна структура науки та її успадкована *фундаментальність* на збиток практичності. Головною домінантою наукової діяльності лишається аналітична публікація з численним математичним формалізмом, дуже рідко з'являється опис алгоритмів і програм[1], чисельний звіт, вдосконалення методики чи результати застосування апаратно-програмного базису до конкретних ділянок (так звані case study).

Базові чинники наукового прогресу

Науку роблять науковці, які живуть у певний час у конкретному соціумі: ніщо людське їм не чуже. Перед аналізом їх мотивацій уточнимо термінологію.

Згідно праці (Страхов, 2003), стереотипи наукового мислення формуються часовим, соціальним та людським чинниками. Часовий чинник позначає нездатність *керівних вчених* у віці вийти за рамки уявлень, засвоєних замолоду, соціальний – вікову втрату *мотивації* та відповідний регрес, людський – домінування значущості особи над значущістю результатів. Не сперечаючись з вичерпністю останнього, перші два чинники можна доповнити.

Часовий чинник тісно зав'язаний на так звані *виклики часу* – формалізовані тенденції до трансформації теорії та *практичних потреб*. Ці потреби спричинені зміною цивілізаційних прагнень держав і наддержавних утворень. Адже з розвитком нових джерел енергії відпадає потреба у науковому забезпеченні старих, а переорієнтація завжди потребує, окрім часових рамок та матеріальних зусиль, зміни *свідомості замовників* – державних і приватних, а не свідомості вчених. Останні в силу плановості, спадковості та системності наукових досліджень якраз перші усвідомлюють нові потреби, але не мають змоги лобіювати переорієнтацію бюджету на нові напрямки доти, доки кризу наукового забезпечення не *усвідомить* керівництво замовника.

Людський чинник визначається мірою самоствердження науковця за рахунок власних ідей, що не завжди кращі за ідеї колег. Цей процес

[1] Їх відсоток порівняно з теоретичними статтями, і часописів, де їх публікують, підкреслює винятковість.

посилюється з віком, утворюючи парадигми у свідомості наукового загалу. В силу патріархальної соціальної структури наукових закладів долають цю перепону лише найбільш пасіонарні молоді дослідники. І чимало з них, в силу соціальних причин, не затримуються у науці, або й у вітчизні.

Віковий аспект прикметний з іншого боку. Щодо молодих вчених постає незбагненна соціальна колізія: певну соціальну підтримку (стипендії, гранти, конкурси) вони отримують лише до 35 років, після чого автоматично втрачають надію на підтримку будь-яких фондів. Як правило, проходить 5-7 років після захисту кандидатської і науковець якраз стає *самостійним*. Він має власні ідеї і нерідко потребує ще більшої підтримки, ніж перед захистом, але він уже – не "молодий вчений" і змушений *самостійно* займатись *менеджментом*, а не наукою. Чи виграє від цього наука?!

Тому необхідно позбавитись від рудименту "молодий вчений" (це не потребує затрат). Слід допускати науковців до зовнішніх джерел фінансування *незалежно* від віку. А щодо грантів та конференцій для "молодих вчених" ввести поняття "для отримання першого наукового ступеня" незалежно, чи його здобувають у віці 25, 35 чи 45 років. Це буде чесно щодо всіх учасників наукової діяльності.

І вікове обмеження "знизу" в 60-65 років (бувають винятки) для керівних кадрів (і установ, і їхніх підрозділів), як наполягає Страхов, є розумною вимогою. Можна пропонувати різні схеми ротації, головне, щоб була *політична воля* до діалогу.

Вікове обмеження для керівних науковців прив'язане до пенсійного віку (Страхов, 2003) – недостатнє. Щоб не стати благим побажанням, слід прибрати з кар'єрного шляху науковця всі бюрократичні та методичні "рогатки". Інакше, доки він досягне високого посту, пора на пенсію. Можна зважити на положення із підготовки кадрів японських корпорацій, де старші навчають молодших *неперервно* в процесі кар'єри.

Перерозподіл повноважень. Зрештою, висока значимість керівних посад у науці – наслідок змоги *одноосібно* розпоряджатись бюджетом установи. Якщо делегувати це та ряд інших повноважень вченим радам, "ціна питання" знизиться. Ці питання повинні бути предметом широкої дискусії.

Соціальний чинник не можна обмежувати лише віковим спадом продуктивності праці. Цей фактор діє не лише в науці, проте в промисловості чи сфері послуг за рахунок *гнучкості* інфраструктури, не обмежуваної *ініціативи* та взаємообміну ресурсів і кадрів цей спад нівелюється. Цей чинник слід розуміти глибше. Він пов'язаний з прагненням самореалізації та можливостями для її досягнення.

Наукометричний аспект. І тут не обійтися без наукометрії досягнень науковця.

Лінійний рейтинг творчої активності науковців себе вичерпав. В праці (Лоссовський, 2000) внесок науковця в базис наукових знань – це функція $D = |\ln N|$ кількості публікацій.

Проте такий показник має бути пов'язаний і з *можливостями* науковця і корелювати з матеріально-ресурсною базою досліджень. І тут не обійтися без врахування *нелінійних* факторів, які *індивідуалізують* досягнення науковця. Міркування з цього приводу виходять за рамки статті.

Крім того, в силу масовості науковців можливе налагодження взаємного цитування "по знайомству" на конференціях. Запобіжником цього явища вважають іноземні посилання, але внаслідок *неповної* доступності та невизначеного статусу електронних джерел, як визнаних ВАК засобів апробації, їх вклад невисокий.

Антропометричний аспект. Вікова деградація (першопричина людського чинника за Страховим) є об'єктивним *наслідком* уповільнення обмінних процесів. А це уповільнює реакції, мислення і спонукає запасати ресурси *внаслідок* інстинкту самозбереження. В силу цього доцільно трансформувати і розподіляти рівень відповідальності за різні *форми* наукової роботи.

Об'єктивність, загальність та непереборність вікової ознаки дозволяє винести її за дужки першопричин наукової кризи. А наслідки для науки, які вона спричиняє, викликані соціальною і структурної *невпорядкованістю* наукових інституцій.

Механічне збільшення пенсій-зарплат (Страхов, 2003) – не вихід. Кошти краще спрямувати на переоснащення дослідницької бази зусиллями ряду інституцій на основі їх спільного використання виконавцями наукових проектів[2].

Громадські академії, експертні ради та науково-просвітні товариства, розкритиковані у цій же праці, за умови чіткого унормування їх повноважень приносять більше користі, аніж шкоди: визнання заслуг науковців, популяризація досвіду, пенсійна ресоціалізація, соціальний захист та значимість тощо. Це – складник соціаль-

[2] Прикладом такої спільної дослідницької бази є інтернаціональний проект INTERMAGNET та ряд інших.

ного чинника. Адже упевненому у своєму майбутньому науковцю немає сенсу "триматись за місце" чи гальмувати ідеї – він отримає моральну і матеріальну компенсацію у новому колі однодумців.

Визнання значущості наукових результатів завжди супроводжується визнанням значущості їх автора і відповідним соціальним статусом. Стереотипізація результатів при цьому *неминуча*, як і знецінення заперечних альтернатив *внаслідок* інстинкту самозбереження. Запобігти її негативного впливу може примусове позбавлення застарілих ідей набутої значущості при відповідній моральній компенсації їх авторів. Механізми такої примусової девальвації ідей – предмет для широкої дискусії.

Нині ідеї мають зменшений термін придатності (5-7 років, а не 15-20, як у ХХ ст.), тому щоп'ять років доцільно замість закритих звітів інститутів публікувати ряд *відкритих* колективних монографій. Їх матеріали необхідні задля вчасного переосмислення досягнень і переорієнтації досліджень.

Швидкісна переорієнтація на нові завдання оптимально відбувається, як правило, лише в мультидисциплінарних і мультикорпоративних проектах (наслідок синергії). Організувати такі проекти можуть лише провідні вчені і це для них і відповідальність, й моральна компенсація.

Соціальні аспекти розвитку науки

Аналіз впливу згаданих вище чинників на долю науки ускладнюють її нероздільні характерні риси: *масовість* як самої інформації, так і її обробників та *швидкість* оновлення знань.

Інформаційна криза. Перша риса знаменує собою інформаційний потоп і викликає до життя когорту науковців, які мають займатись *систематизацією* і узагальненням знань. Друга риса означає пришвидшене старіння знань та зміну парадигм у межах кожного покоління.

Освоїти самотужки масу нових знань і потрібних навичок неможливо. Через це особливо актуальним є постійний щорічний семінар між дослідними та навчальними установами для взаємообміну навичками та вміннями, імплементації нових ідей у навчання, спільних досліджень.

Так, для освоєння нових програмних засобів[3] (символьної математики, цифрової картографії, геодезії й навігації, ГІС, чисельної оптимізації, візуалізації масивів даних, програмування) можна задіяти готову базу інституту кібернетики НАНУ та НТУУ "КПІ".

Наступний крок у володінні інформаційними потоками – створення *інтерактивних* баз знань на основі *відкритих* тематичних інтернет-порталів, які об'єднують теоретичні методи, чисельні алгоритми, програми та бази даних для основних геофізичних напрямків – від гравіметрії до ядерної геофізики.

Системна криза. "Феодальна" роздробленість напрямків досліджень, "хутірна" система структурних підрозділів, замкнутість науковців на інтересах чергового "матеріалу для статті", відсутність осмислених дій рад молодих вчених – ознаки відсутності глобального плану розвитку, який є *наслідком* відсутності чітко усвідомлених потреб держави в результатах науки. І це – теж не людський чинник, а соціальний[4].

Незацікавленість у *комплексному* розвитку геофізичної науки, який означає розвиток тривалих у часі комплексних вимірювань (моніторинг) та їх комплексної інтерпретації є також наслідком нерозуміння можливостей науки і потреб соціуму і соціальний за своєю природою.

Реформація. Фрагментарність наукового поступу є наслідком відсутності стратегії розвитку науки. А це є побічним ефектом браку стратегії розвитку держави через виразну тимчасовість свідомості її політичного керівництва.

Для зниження (подолання нездійсненне, як незнищенною є й корупція) впливу соціальних чинників необхідно провести структурні реформи в науці. Вони нерідко потребують невеликих матеріальних затрат, але завжди – великих вольових зусиль керівників. Тут усе упирається у людський чинник. Вихід – у перерозподілі повноважень між адміністративною і науковою ланками науково-дослідних інституцій.

Що мається на увазі під структурними реформами? Серед заходів першої черги визначимо:

- оцінка рівня досліджень іноземними експертами, звідки випливає
- розробка механізму підтримки іномовних публікацій у міжнародних виданнях, у тому числі, дотацій на публікації, рекламу проектів;
- розподіл коштів на проекти, а не установи;
- автономія наукових груп (у фінансах, матеріальному забезпеченні, захисті авторства);
- диверсифікація і спеціалізація діяльності груп;

[3] "Повістку дня" при підвищенні кваліфікації формує не виконавець (інститут) як нині, а замовник (науковець).

[4] Відрізняємо людський чинник від соціального за масштабом шкали "можливості – відповідальність". Не може одна людина чи группа бути відповідальною за парадигми геофізики чи тенденції геологорозвідки. Людський чинник є впливом *однієї* особи, соціальний – *континууму* осіб в резонансі з іншими спільнотами соціуму.

- легалізація менеджменту в науці;
- розвиток наукових ЗМІ (бюлетені, дайджести, сайти, електронні журнали, розсилки, бази даних);
- розділення адміністративних, дослідницьких і педагогічних обов'язків вчених;
- розподіл частини бюджету НАНУ на конкурсній основі;
- вільний доступ до вхідних даних[5], зняття "секретних" грифів;
- вільний доступ до ілюстративних матеріалів (атласів, карт, рисунків, схем);
- розкриття аналітичної інформації (статті, звіти, демо-софт) через 10 років після запуску в науковий обіг (є спроби в західних установах);
- створення машинних парків (кластерів) *загального* користування *спільними силами* ряду інститутів з *вільним* доступом у рамках спільних проектів;
- співпраця не окремих суб'єктів (ти – мені, я – тобі), а виконавців проекту з головним замовником – державою: у спільному проекті – вільний перерозподіл ресурсів;
- постійна модернізація устаткування, прискорена і спрощена його амортизація;
- скасування статусу "молодих вчених";
- перенавчання персоналу новим технологіям;
- створення банків публікацій тощо.

Ці віхи не вичерпують розмаїття структурних трансформацій, і в процесі дискусії їх можна доповнити. Але вони дозволять нівелювати диктат бюрократії і вивести працю науковця на прогнозований рівень. Лише за цих умов науковець дійсно відповідатиме за свій рейтинг і матиме більш-менш комфортні умови праці.

Необхідно спільними зусиллями розробити механізм підготовки іномовних публікацій та виступів. Нині ця сфера майже недосяжна для молодих науковців в силу ряду причин: непевне володіння професійною лексикою і стилістикою[6], диктат видавництв[7], відсутність рекомендацій, рецензій, іномовних цитувань[8] і т.п. Подібні проблеми *спільні* для всіх науковців, а вирішує їх кожен автор – поодинці.

Створення надінституціональної структури, яка б допомагала налагодити відповідні зв'язки і навички, дозволить в рази скоротити зусилля на оформлення та просування іномовних публікацій. За рахунок зростання потоку таких публікацій та пришвидшення обміну ідеями та науковцями така структура виправдає себе за 5 років.

На майбутнє доцільно убезпечити НАН від використання в політичних чи економічних цілях та для підвищення статусу людей, далеких від науки – для цього є відповідні громадські об'єднання[9]. Для цього варто організаційні, фінансові та статистичні функції передати від державних та галузевих академій спеціальним органам, лишити ВАК (якість кадрів) та планувальні функції. Та структурні реформи НАНУ, їх причини й наслідки, потребують окремої статті.

МЕТОДИЧНІ АСПЕКТИ РОЗВИТКУ НАУКИ

Окремі аспекти, як-то доступ до даних, розширення авторських прав, реалізація банків знань, потребують додаткової розробки. Зокрема, існуюча конкуренція у доступі до *вихідних даних* геофізичних вимірювань є глибоко порочною. Дійсна конкуренція повинна відбуватись у сфері розподілу достовірних та ефективних *результатів* обробки й інтерпретації цих даних.

При нинішньому стані польових досліджень конче треба переглянути зміст поняття інтелектуальної власності: декларувати і захищати його не на *первинні дані* польових знімань (журнали профільних рейсів, матриці вихідних даних цифрових приладів), а на результати їхньої *обробки* (карти редукцій і трансформацій тощо).

А нині геофізичні знімання здійснені державною апаратурою за державний кошт і на держзамовлення, а їхні дані є, по-суті, приватною власністю і недоступні науковцям, які перебувають на службі державі.

Захищено правом приватної інтелектуальної власності має бути результат *інтелектуальної обробки* цих даних. Держава не мусить фінансувати приватний сектор, якщо вона прагне розвиватися, конкуруючи з ним.

ПОТОЧНИЙ СТАН ГЕОФІЗИЧНОЇ НАУКИ

Критичний стан наук про Землю очевидний, хоча песимістичні прогнози (Страхов, 2003) не справдились. Це зумовлено в Росії значною мірою помітним обсягом *державних замовлень* на розвідку родовищ вуглеводнів, змістовною програмою створення Державної геологічної карти й розробкою відповідного програмного забезпечення. Через це в сусідній державі помітний прогрес у розробці нових методів та програм для інтерпретації геофізичних даних та відповідних баз даних.

[5] Держава має гарантувати безкоштовне або льготне їх отримання навіть від комерційних організацій.
[6] Абсолютна більшість публікацій не носіїв мови потребує процедури languge polishing.
[7] Спрямований на пріоритет вітчизняних дописувачів.
[8] Найперша причина відхилення статей за кордоном.

[9] До чого це може призвести, свідчить публікація "Кого избирают в Академию наук России…", яка є в мережі.

При цьому *фундаментальні* кризові *ознаки* лишилися без змін:

- *роздробленість* на ряд незв'язаних дисциплін зі своїми методами;
- вузька *спеціалізація* фахівців в рамках методу;
- *пристосування* математичного апарату замість розробки власного;
- *відсутня* теорія комплексного тлумачення комплексу даних.

З пропонованого Страховим для подолання кризи триплексу – геофізичний "діалект" математики, теорія і програми розпізнавання образів, теорія і програми комплексного аналізу комплексних даних – є успіхи у перших двох напрямах.

А для надійного прогнозу небезпечних явищ, крім теорії й програм потрібен масив новітніх дискретних даних високої точності. Для цього слід створити мережу моніторингу геофізичних полів та постійно діючих комплексних геофізичних полігонів. Окремі фрагментарні ланки (сейсмічна, магнітна) існують, але без єдиного національного центру даних, і безперешкодного доступу до даних в Україні.

Не змінились за 10 років і вказані Страховим причини стагнації науки:

- обвал чисельності науковців та фінансування;
- відтік мозків;
- фатальне старіння кадрів та устаткування.

Наслідком є падіння вкладу в світову науку.

Попри те, що в нинішньому стані наука марнотратна, головною причиною її деградації є не так мізерне фінансування науки й науковців (Страхов, 2003), це – наслідок. Причиною є тотальне скорочення держзамовлення на геологорозвідку та інтерпретацію даних внаслідок зміни державного ладу та супутніх соціальних процесів. Людський чинник є лише наслідком пристосування до соціальних умов та структури науки. Внаслідок різкого зменшення експериментальних досліджень – фундаменту геофізики – головним результатом наукової творчості стали публікації зі складним математичним формалізмом, а не практичні тлумачення й числові звіти.

Механічне збільшення зарплат і пенсій, переоснащення, віковий ценз на керівні посади не вирішать проблем і стереотипів науки. Без зміни впливу соціальних чинників (починаючи з вищої, шкільної освіти) довгострокового прогресу не досягнути. Проблеми якісної загальної та спеціальної геофізичної освіти заслуговують окремої статті.

ТЕНДЕНЦІЇ ТА ВИКЛИКИ

Ключові тенденції розвитку геофізики можна умовно розділити на соціальні, технологічні та методологічні.

Соціальні виклики. Ринкові відносини диктують створення чи трансформацію потреб та їх задоволення. Потреба у енергетично-ресурсній незалежності є основою політико-економічної незалежності. Відстоювати перед політиками енергетично-ресурсну незалежність повинні керівники галузі, яка займається розвідкою і видобуванням ресурсів. Щоб робити це в єдиному ключі, необхідне *єдине* розуміння можливостей, внеску та коефіцієнту корисної дії кожного відомства галузі та кожного засобу досягнення мети в межах конкретного відомства.

Тому координація, керівництво і базове планування має перебувати в одних руках, а не розтягнуте в кілька комітетів на догоду бізнесовим інтересам. Концентрація геологічної влади вигідна для держав з невеликою територією розвідки ресурсів та скромними економічними можливостями.

Штучні обмеження колообігу інформації в науковій спільноті мають соціальне підґрунтя у вигляді стереотипів "корпоративної етики", "державних інтересів", спадку минулого державно-економічного устрою (закритість інформації й даних). Гальмує зрушення у цій царині бюрократія, устої якої вони підривають. А бюрократія – опора державного ладу, який у потугах самозбереження "оптимізує" затрати за рахунок галузей, де прибуток неочевидний. Наука серед них – на першому місці.

Вихід один – лобіювати інтереси науки перед державою – через нелюбі Страхову суспільні академії наук (НАНУ в цьому плані, на шкоду інтересам науки, залежить від держави). Адже у масі своїй громадські академії створені не для розвитку науки, а для популяризації існуючих знань. Нерідко домінантою їх дій є мімікрія під громадські ради, профспілки тощо для лобіювання інтересів їх очільників та перерозподілу бюджету. Краще їх легалізувати в структурі науки, дезавуювати завищену значущість та інтегрувати як наукове лобі в уряді.

Сюди можна скинути весь негатив корупції з науковими званнями і посадами чиновників різного калібру. Хто не займаються наукою *професійно*, нехай мають ступені й нагороди *лише* суспільних академій.

Комерціалізація науки, на перший погляд, не завдає шкоди. Та слід чітко відділити "мухи від котлет". Вимагати оплату слід *лише* за *підсумкові* наукові й промислові результати (обробки та тлумачення даних), а не за кондиційні

польові *дані*, які є засобом для існування науковців і нерідко отримані за рахунок держави, а не приватних рук. Наразі все змішано в купу, і від цього нерідко постають непереборні проблеми.

Власне наукові результати теж можна поділити на аналітичні (методи вимірів і аналізу), цифрові (моделі і бази даних), ілюстративні (візуалізація попередніх компонент). І знову, ілюстративні дані (схеми, малюнки, фото-, інфографіка, цифрові карти) доцільно надавати у *вільний* доступ. Окрім реклами досягнень науковця їх можна одразу задіяти для (само)навчання фахівців і студентів.

У праці (Страхов, 2003) пропонувалося продавати крім результатів польових досліджень (даних), комп'ютерні технології, теоретичні результати. Програми продаються не одне десятиліття, а продаж теорії[10] в силу людського і соціального чинників – річ сумнівна. Сподівалися, що торгівля науковими результатами в разі прибутку свідчитиме про авторитет науковця. Але в силу ринкових законів перемагає не авторитет, а популізм і кон'юнктура. Крім розгулу наукових підробок (видати бажане за дійсне у бізнесі – не злочин, а спосіб реклами), навколонаукових спекуляцій на заваді стає низька купівельна спроможність найбільш зацікавлених кіл – бюджетних інститутів та інші нюанси.

Якщо вносити дух торгівлі в науку, то треба привнести і менеджмент, унормувати бізнесові взаємини між науковцями (це не вплине позитивно на мікроклімат наукової творчості). На нашу думку, науковець має досліджувати, а торгувати – науковий менеджер. До того ж, подібній організації науки (існує в західних установах) характерна так звана "гонка результатів" (пріоритет обчислень), що не залишає часу на аналіз глибинних проблем, освоєння суміжних дисциплін.

Можна розробити механізми оприлюднення програмного коду чисельних методів та алгоритмів для формування спеціалізованих загальнодоступних бібліотек програм у сфері прямих і обернених задач геофізики. Подібні бібліотеки в царині чисельного аналізу давно відомі і користуються заслуженою популярністю. На їх основі створюють додатки для математичних обчислень. Подібні речі назріли і в геофізиці.

Інакше через старіння наукових кадрів настане час, коли еверести програмного коду, який супроводжував звіти про НДР, згинуть марно без наслідків для прогресу науки. А авторське право можна захистити через публікацію у виданні на кшталт "Computers and Geosciences".

Слід дати змогу колективам вчених, а не адміністрації установ, самим розпоряджатися матеріальними ресурсами, щоб хоча б частково забезпечити самофінансування своєї діяльності. Слід спростити умови патентування для наукових установ порівняно з бізнесом, змістити пріоритети до фізичних осіб від юридичних і т.п.

Крок вперед у соціалізації науковців – переосмислення ролі вченого в умовах інформаційного потопу та визрівання суспільства знань. Наразі маємо конкуренцію науковців, а не їхніх ідей. Тут основною ідеєю повинна стати заміна існуючої на ринку наукових послуг *конкуренції* на *кооперацію* вчених.

Технологічні тенденції. Сформована Страховим нова парадигма граві- і магнітометрії спонукає до впровадження нових технологій в геофізиці – паралельні обчислення на кластерних вузлах, портальна форма взаємодії користувачів, дистанційна організації результатів. Це призводить до *відкритості* потоків даних та результатів, створення віртуальних лабораторій, *сайтизації* наукових досліджень.

Сайтизація досліджень, разом із подоланням "математичних" стереотипів теорії потенціалу, вважаємо, є найвагоміший знак нової ери розвитку геофізики. Більшість розробок, спрямованих на сайтизацію, доцільно впроваджувати в рамках концепції "відкритого контенту". Основні переваги[11] цієї платформи цілком пристосовні до наукової діяльності. Відтак, для науковців стануть звичними і основні засоби руху "відкритого контенту": відкриті електронні видання, віртуальні лабораторії[12], хмарні сервіси тощо. Позитивний досвід використання wiki-платформ для формування спільними зусиллями користувачів відкритих енциклопедій можна поширити і на формування наукових баз знань (рис. 1).

Електронні версії журналів і віртуальні конференції впроваджують у Росії. Для оперативного оприлюднення наукових знань можна рекомендувати системи на базі Open Journal System (Іванкевич, Вахнован, 2012). Втім, деталізація пропозиції потребує окремої розвідки.

Недостатні темпи сайтизації, попри її визнання (відомі Arhiv.org, Wikipedia, Scopus), теж є наслідком дії соціального чинника. Зокрема, по-

[10] Мабуть, слід продавати не монографії, а майстер-класи, інструкції, моделі, інший навчальний матеріал.

[11] Див. www.situation.ru/app/j_art_937.htm

[12] Зрима реалізація тези про "незримі коледжі" пов'язаних взаємним цитуванням однодумців – новий щабель творчого колективу, об'єднаного інтернетом, а не дахом.

ширенню електронних наукових ЗМІ заважає те, що ВАК не визнає їх як засіб оприлюднення наукових результатів. Причин цьому, крім соціальних (самозбереження бюрократії), не видно.

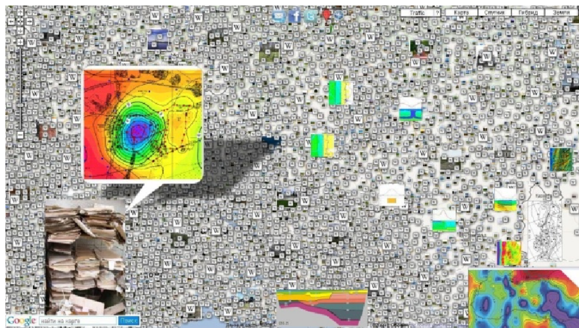


Рис. 1. Ілюстрація наукової бази знань по типу відкритої електронної енциклопедії.

У той же час знання[13], які містяться у локальних документах, поза комунікацією перетворюються в *дані* – незв'язані й не взаємоактивні. А від швидкості та ефективності наукових комунікацій прямо залежить прогрес науки. Тому нові знання доцільно вводити в обіг у вигляді інформаційно-аналітичних сервісів[14] та центрів (Мельников, 2009).

Саме на основі загальнодоступної для ~ 500 науковців ex-USSR бази знань можлива постановка мультидисциплінарних і мультикорпоративних проектів, *наукові* результати яких належатимуть усім учасникам. Без цього сталий розвиток геофізичної галузі малоймовірний. Одначе, ця потреба *визнається*, але не реалізується. Чому? Ми вбачаємо причиною соціальний чинник. А без цього не уникнути перекриття досліджень, інформаційного шуму тощо.

Просторова прив'язка даних та результатів їх тлумачення до конкретних геологічних ареалів є наступною технологічною тенденцією. Вона є наслідком переходу на геоінфомаційні технології отримання, зберігання і обробки геофізичних даних. І вихідні дані, і цифрові моделі аномальних джерел мають виразну просторову природу. Для адекватного тлумачення цієї природи в сучасних ГІС для кожного методу необхідна "додаткова координата" у вигляді цифрової моделі поверхні спостережень. Ця модель реалізується за допомогою даних GPS.

Нині отримання таких даних значно спростилося. Для побудови GPS-мережі можна задіяти UMTS-модуль, який вставляється у вільний PCI-E слот ноутбука. Після інсталяції драйверів та встановлення у модуль SIM-карти ноутбук готовий здійснювати серфінг у UMTS-мережі та приймати сигнали GPS. Установивши клон OziExplorer, можна вести журнал GPS-спостережень з ноутбука без спецапаратури (www.chip.-ua). А нові апаратурні розробки потребують зміни методики знімань і світогляду науковців.

Адаптивна апроксимація даних. З попереднього тренду логічно випливає наступний аспект геофізики – потреба у створенні програм *керованої* інтерполяції геофізичних даних. Ці програми, маючи на меті якісну експлуатацію, повинні отримати ефективну систему підтримки користування: крім довідки з управління програмою – посібники з реалізованих у ній методів та прийомів вирішення типових задач, відкриті інтерфейси та формати вхідних-вихідних даних.

Це необхідно для того, щоб вводити в інтерполяційні процедури своє бачення аномального об'єкта – *власні засоби* моделювання просторової мінливості параметрів тіл. Інакше з основного засобу картування аномалій такі програми перетворюються в допоміжні – для візуалізації моделей. Стратегія розробки *тиражованих* програмних засобів висвітлена в (Мальцев, 1994).

Широко вживаний в інтерпретації потенціальних полів пакет Surfer є засобом *автоматичної* інтерполяції, в ньому відсутнє управління інтерполяцією та способи оцінювання об'єктів, які відрізняються від точкових. Отже, глузд та інтуїція спеціаліста *підмінюються* здогадами авторів програми. Подолати недоліки Surfer певною мірою вдалось в Isoline, BigWinCon.

Взагалі, залежність результатів тлумачення від вибраного способу гріддінгу та інші хиби інтерполяції даних заслуговують окремої статті. Наочно ілюструвати її можна, порівнявши різницеве потенціальне поле, утворене різними парами способів інтерполяції гріду (рис. 2).

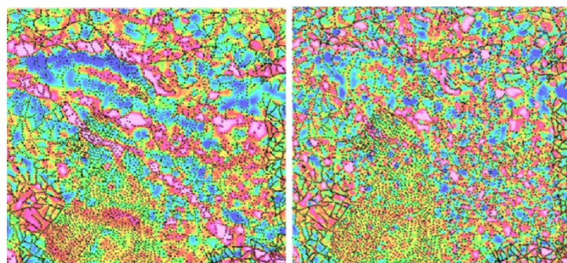


Рис. 2. Різницеве поле сили тяжіння при інтерполяції з нерегулярної мережі (розсип точок) у однакові точки регулярної мережі різними методами: а) мінімальної кривизни – обернених відстаней, б) мінімальної кривизни – крайгінгу.

[13] як досвід фахівця у множині ситуацій і спосіб переходу від одного опису об'єкта до іншого, вони структуровані, інтерпретовані, зв'язані й взаємоактивні, на відміну від *даних*.

[14] На кшталт a-server.math.nsc.ru/ipp, www.emf.ru/mpg

Недоліки математичного апарату програми Surfer випукло проявляються в задачах саме просторової візуалізації, на кшталт обліку запасів корисних копалин. Адже побудова карт в ізолініях передбачає інтерполяцію на точкову мережу, а просторового прогнозу – побудову оцінок на мережу скінченних блоків. Приписати блоку значення точки, як повсюдно роблять у геотектонічному моделюванні – некоректно.

Наступний момент логічно випливає звідси, хоча лежить в методологічній площині. Йдеться про регулярні модельні апроксимації, виконані не на основі *первинних даних* вимірювань, а на основі сканованих карт ізоаномал. Такі карти, особливо в градієнтних зонах, неодмінно спотворені хибними аномаліями внаслідок обмежень методики її первісної побудови. Ці хибні аномалії неможливо виокремити з масиву структур мінливості параметрів площі. Якщо на їх основі будувати карти розподілу глибинних параметрів чи структур, які мають істотно асиметричний розподіл, неминуче зміщення оцінок на невідому величину.

Вихід з цього тупика – перехід на використання карт *пунктів спостережень* (Якимчик, 2010а), а не карт ізоліній. Для цього слід кардинально змінити *спосіб доступу* до первісної геологічної документації. На жаль, відповідно аргументовану пропозицію (Якимчик, 2010б) наукова спільнота *проігнорувала*.

Мультиметодні обчислення. Наступний аспект – потреба одночасно здійснювати обробку даних кількома методами, що відповідає стратегії Страхова (2004) розв'язання систем рівнянь великої розмірності. Щоб розв'язувати задачі кількома методами, потрібно мати під рукою їх комп'ютерні реалізації та чіткі критерії порівняння якості результатів при різних методиках обробки даних.

Наразі аналіз і обчислення за кількома чисельними методиками з паралельним контролем якості, як правило, засобами пакетів символьної математики, стає стандартом де-факто в інтерпретації даних геофізики. Але процедури такого контролю нині перебувають в стадії становлення. Зокрема, для діагностики нетипових варіантів моделювання розвиваються алгоритми нечіткої логіки і штучного інтелекту, які лише входять в науковий обіг "геофізичної кібернетики".

Методологічні виклики. Поряд з геофізичним "діалектом" математики, задекларованим Страховим, необхідно створювати геофізичний "діалект" кібернетики.

Геофізична ОС. Необхідна геофізична операційна система – програмне середовище (можливо, на основі Linux), в якому в єдину оболонку пов'язані засоби створення, обробки, збереження і передачі[15] геофізичних даних. Ця система матиме чіткі ознаки файлової ОС: модульність, універсальність, модифікованість, взаємодія з геофізичним апаратним оснащенням, відкрита архітектура.

Стратегічні переваги відкритого програмного забезпечення для наукових досліджень (Алексеев, 2009) неспростовні. Процитуємо фразу: "якщо готувати спеціалістів із конкретних пакетів, затребуваних 3-5 років після випуску з вузу, і залежати від диктату IT-компаній – не варто щось змінювати; якщо готувати фахівців, готових навчатись *все життя*, варто впровадити вільне ПЗ…".

Спільні з файловою ОС особливості – зав'язка на можливості процесора (розпаралелювання, багатопоточність, кластеризація, підтримка хмарних технологій), наявність драйверів під геофізичну апаратуру і бібліотек, інтеграція стороннього ПЗ, базовий пакет для роботи (GIS + CAD + Plot), менеджер проектів, засоби спілкування (вебінари, хмарні сервіси) тощо. У перспективі геофізична ОС повинна підтримувати 4-вимірне моделювання геологічного простору засобами конкуруючих пакетів.

Типові елементи. IT-перспективи геофізики передбачають побудову на базі відомих *типових методів* моделювання потенціальних полів алгоритмів *спільного* розв'язання прямих задач визначення складових геофізичних полів для тривимірних неоднорідних середовищ. З метою спільного розв'язання цих задач слід розробити *типовий елемент* для адекватної структурної апроксимації неоднорідних середовищ за їх фізичними параметрами.

Прикладом такого елемента може бути вертикальна трикутна призма з довільно орієнтованими основами (Пятаков, Исаев, 2013) або вертикальна прямокутна призма (Старостенко, 1998). Використання типового елемента апроксимації дозволяє зручно моделювати різні геофізичні поля за *одним* спільним зображенням геологічних об'єктів середовища.

Аналітичні апроксимації (Страхов, 2007) є невід'ємним атрибутом просторової моделі аномального об'єкта, яка поєднує цифрові моделі поля і середовища. Для кожного геофізичного поля їх слід розробляти так, щоб вони були при-

[15] Щодо ергономіки оформлення наукових результатів будь-яка відкрита ОС істотно програє програмам під Windows, що істотно звужує сферу її застосування.

датні для обчислень як зовнішніх так і внутрішніх геофізичних полів.

Виконання цих вимог стосовно алгоритмів для прямих і обернених задач дає змогу створити єдиний програмний комплекс моделювання геосередовищ на основі зображень геофізичних полів.

Однією з ефективних технологій розв'язання подібних комплексних обернених нелінійних задач геофізики великої розмірності є адаптивний метод (Кочнев, 2001), який узагальнює здобутки алгоритмів підбору. Майбутні алгоритми обернених задач потенціалу доцільно ґрунтувати на основі адаптивного методу розв'язання (не)лінійних систем рівнянь.

Щільність інформаційних потоків внаслідок постійно зростаючого масиву наукової інформації є відлунням тенденції до сайтизації науки. Освоєння цих потоків стихійне і малоефективне через відсутність зручних засобів і відкритого доступу до баз знань. Переважна їх частина є корпоративною власністю окремих НДІ чи ГРЕ. Нині, як ніколи раніше, є потреба в системному плановому освоєнні цих баз. І тут доречно нагадати про потребу у фахівцях, завданням яких буде класифікація й переосмислення публікацій.

Такий науковець мусить "оцінити нові напрямки, установити зв'язок між новими ідеями, знайти області їх застосування. Результат діяльності … – огляди, яким варто надавати більшу вагу, ніж оригінальним науковим працям …" (Налимов, Мульченко, 1969; с. 51). У НДІ слід передбачати відповідні підрозділи зі штатом.

Інформаційний масив всесвітнього банку геофізичних ідей стрімко зростає і навіть професійний читач не встигає його самостійно освоїти. Розвиток Internet не вирішує, а поглиблює агальність вирішення цієї проблеми. Створення міжнародного журналу „Успіхи геофізичних наук" (аналог „Успіхи фізичних наук") є важливим етапом вирішення цієї проблеми[16].

У геофізиці настав час аналізу й синтезу наукових ідей, які постачають світові науково-інформаційні потоки. У сфері потенціальних геофізичних полів роботу почато (Страхов, 2004).

Битва експонент росту знань та потуги комп'ютерів ставить перед наукою ряд мегапроблем (Кулинкович, 2007): структуризація, об'єднання знань, генієзнавство (вирішення глобальних наукологем, від яких ідуть пучки наступних відкриттів), методика масових відкриттів, нова фрактальна парадигма світу. Нагальність перших трьох компонент не викликає сумнівів.

Загальні принципи наукової методології для адекватного моделювання складних геофізичних процесів викладені (Николаев, 2003) у вигляді пріоритетів фундаментальних і пошукових геофізичних досліджень:

1. експеримент домінує над теорією (не заперечує роль теорії);
2. дедукція (від загального до окремого) домінує над індукцією (не заперечуючи її ролі);
3. одночасний моніторинг різних геофізичних полів в різних оболонках Землі та природно-техногенних процесів, що діють на них;
4. глобалізація систем спостережень: прямі впливи охоплюють великі регіони, а складні опосередковані взаємодії – глобальні;
5. просторовість систем спостережень з розширеним діапазоном частот для вивчення тонкої просторово-часової структури геофізичних процесів;
6. зниження фізичних обмежень геологічних гіпотез: не відкидати ідею, що не має фізичного змісту (матиме завтра);
7. презумпція наукового оптимізму: допускати можливість нестандартних явищ, "чуда".

Ключова ідея розвитку геофізики полягає в комплексному (цілісному за методами, полями, програмами) геофізичному моніторингу земної кори та створенні штучного інтелекту для розпізнавання геологічних явищ за комплексом геофізичних даних. У постановці та організації моніторингу потенціальних полів є ряд неоднозначних моментів (Дубовенко, Черная, 2011), та на рівні апаратури і процедур нині все готове до закладки відповідних полігонів.

Для ефективного розв'язання цих завдань доцільно створити:

- мережу моніторингу геофізичних параметрів у тектонічно активних районах,
- потужний центр обробки в реальному часі цих даних,
- банки даних зміни в часі геофізичних параметрів за тривалий період.

Цей підхід, запропонований (Страхов, Савин, 2013) для короткострокового прогнозу землетрусів, є універсальним і для інших завдань.

Попередні підсумки. Сказане вище стосується масових характеристик науки, а індивідуальні досягнення окремих вчених можуть як завгодно відрізнятись. По-друге, щодо цінності інформації та принципів її розповсюдження в науці, як ніде інде, прийнятна світоглядну точку зору (Орлов, 2001). Виразимо її в кількох цитатах:

[16] Подібне починання у англомовній геофізиці в Geophysical Prospecting – епізодичні статті-огляди в рубриці Tutorial.

“При каждом копировании информации … происходит умножение совокупного богатства человечества с малыми затратами. И надо стремиться к размножению … информации, чтобы максимально увеличить количество благ, которыми располагает человечество … Да, создатели информации должны получать вознаграждение за труд, … не путем *запретов* на копирование.

… можно централизованно собирать со всех, использующих информационные ресурсы, налог и из него выплачивать авторам вознаграждения, сообразуясь с мнением пользователей о качестве информации. Поскольку авторов информации гораздо меньше, чем потребителей, налог может быть очень небольшим. Это приведет к стремлению авторов и потребителей максимально увеличить количество пользователей …, больше делать копий, тогда средств будет … больше!

Надо … изменить существующий взгляд на информацию как на товар: “заплатил – пользуйся”, и считать деньги, выплачиваемые автору информации, вознаграждением за труд[17], а не платой за получение информации…”.

Підсумкові міркування щодо теми статті такі:

- ряд зазаначених “викликів” виводить геофізику зі стану рівноваги у нестійкий стан;
- кожен “виклик” – підстава для відповідного методичного, математичного і комп’ютерного забезпечення;
- з ряду соціально-технічних причин розробка спеціального програмного забезпечення силами інститутів є нерентабельною і доцільно делегувати її фахівцям IT-індустрії;
- внаслідок глобалізації час одинаків у науці минув, що означає неминучість зміни організаційної структури наукових інституцій.

Багато положень статті – предмет окремих публікацій: оцінка наукових праць; роль громадських наукових товариств; принципи освіти, кооперації, організації праці. Окремі аспекти висвітлені альтернативними засобами (Гай, 2013).

Щоб вивести геофізичну науку на нові рубежі, потрібно вийти за рамки проблем геофізики:

- оптимізувати шкільну та вищу освіту;
- налагодити фахову перепідготовку, підвищення кваліфікації;
- вивести на новий базис обмін даними та результатами їх обробки, для чого слід
- розширити канон інтелектуальної власності;
- створити *доступні* геофізичні експертні системи (бази даних, програм, ідей, алгоритмів, методик обробки, результатів тлумачення);
- модернізувати соціальний базис науки.

Попри сталий пріоритет ідей у науці, науковці не завжди готові відмовитись від стереотипів. Тут потрібна широта поглядів і твердість намірів. Інакше на те, що можна здійснити за 10 років, у кращому разі знадобиться півстоліття.

[17] пользователи должны платить за информацию, сколько могут, а не сколько назначает производитель, если только она не предназначена исключительно для этих пользователей.

Список літератури

Страхов В.Н. О роли “человеческого фактора” в развитии науки // Геофиз. журн. – 2003. – **25**, № 4. – С. 3–16.

Гольдин С.В. Исповедь геофизика-математика // Геофизика. – 2000. – № 6. – С. 3–11.

Аксенов В.В. Геофизическая электродинамика и ее приложения // Геофиз. журн. – 2005. – **27**, № 3. – С. 526–536.

Іванкевич О.В., Вахнован В.Ю. Створення сховища наукових журналів на основі ПЗ Open Journal System. – Вісник НАУ. – 2012. – № 4. – С. 62–65.

Мельников И.Г. О создании информационно-аналитического центра сбора, обработки и хранения всей получаемой информации по геологоразведочным работам на территории РФ [Електрон. ресурс] // Газовый бизнес. – 2009. – № 1-2. – http://www.n-g-s.ru/~.

Мальцев В.А. Методы создания программных средств управляемой интерполяции в геологических задачах [Електрон. ресурс] // Руды и металлы. – 1994. – № 1. – С. 79–89. – http://web.ru/maltsev/liter-metody.-html.

Якимчик А. И. Технология оцифровки карт фактического материала на основе программного обеспечения MapInfo Professional и CorelDRAW // Геофиз. журн. – 2010а. – **32**, № 3. – С. 112–124.

Якимчик А.И. О пересмотре ограничений на получение первичного материала с целью развития гравиметрии и магнитометрии в Украине // Геофиз. журн. – 2010б. – **32**, № 2. – С. 131–135.

Страхов В.Н. Новая парадигма в теории линейных некорректных задач, адекватная потребностям геофизичиской практики. I. Общие положения // Геофиз. журн. – 2004. – **26**, № 1. – С. 36–41.

Алексеев Е.Р. Использование свободных программ в научных исследованиях [Електрон. ресурс] // Прикладная информатика. – 2009. – № 6(24). – С. 61-79. – http://ea.donntu.edu.ua:8080/jspui/bitstream/~.pdf

Пятаков Ю.В., Исаев В.И. Использование методов теории потенциала при решении прямых задач геофизики для трехмерных сложнопостроенных сред // Геофиз. журн. – 2013. – **35**, № 2. – С. 78–97.

Старостенко В.И. Гравитационное поле однородных *n*-угольных пластин и порождаемых ими призм: обзор // Физика Земли. – 1998. – № 3. – С. 37–53.

Страхов В.Н. Об эффективных по быстродействию и точности методах построения линейных аналатических аппроксимаций в геодезии, геоинформатике и гравиметрии // Геофиз. журн. – 2007. – **29**, № 1. – С. 56–84.

Кочнев В.А. Путь осознания возможностей математических моделей и алгебраических уравнений в геофизике [Електрон. ресурс] // Геофизика. – 2001. – № 5. – С. 20–23. – http://geoph/krasn.ru/way.pdf.

Налимов В.В., Мульченко З.М. Наукометрия. – Москва: Наука, 1969. – 192 с.

Кулинкович А.Е. Биоконституционная социология познания. Современная борьба двух экспонент [Електрон. ресурс] // V Межд. Сорокинские чтения: Матер. науч. конф. – Киев: НАУ, 2007. – С. 75–89. – www.ka2.ru/nauka/kulinkovich_6.html.

Николаев А.В. Черты геофизики XXI века. – Москва: Наука, 2003. – С. 7–12.

Дубовенко Ю.И., Черная О.А. Об особенностях 4D гравитационного мониторинга геологической среды // Геофиз. журн. – 2011. – **33**, № 3. – С. 161–168.

Страхов В.Н., Савин М.Г. О научных основах краткосрочного прогноза землетрясений // Геофиз. журн. – 2013. – **35**, № 2. – С. 18–23.

Орлов А.А. О ценности информации [Електрон. ресурс] // Тайны и секреты компьютера. – Москва, 2001. – http://comptain.chat.ru.

Гай Юрій. До перспектив української науки [Електрон. ресурс] // Хайвей. – 2013. – http://h.ua/story/3891-14/.